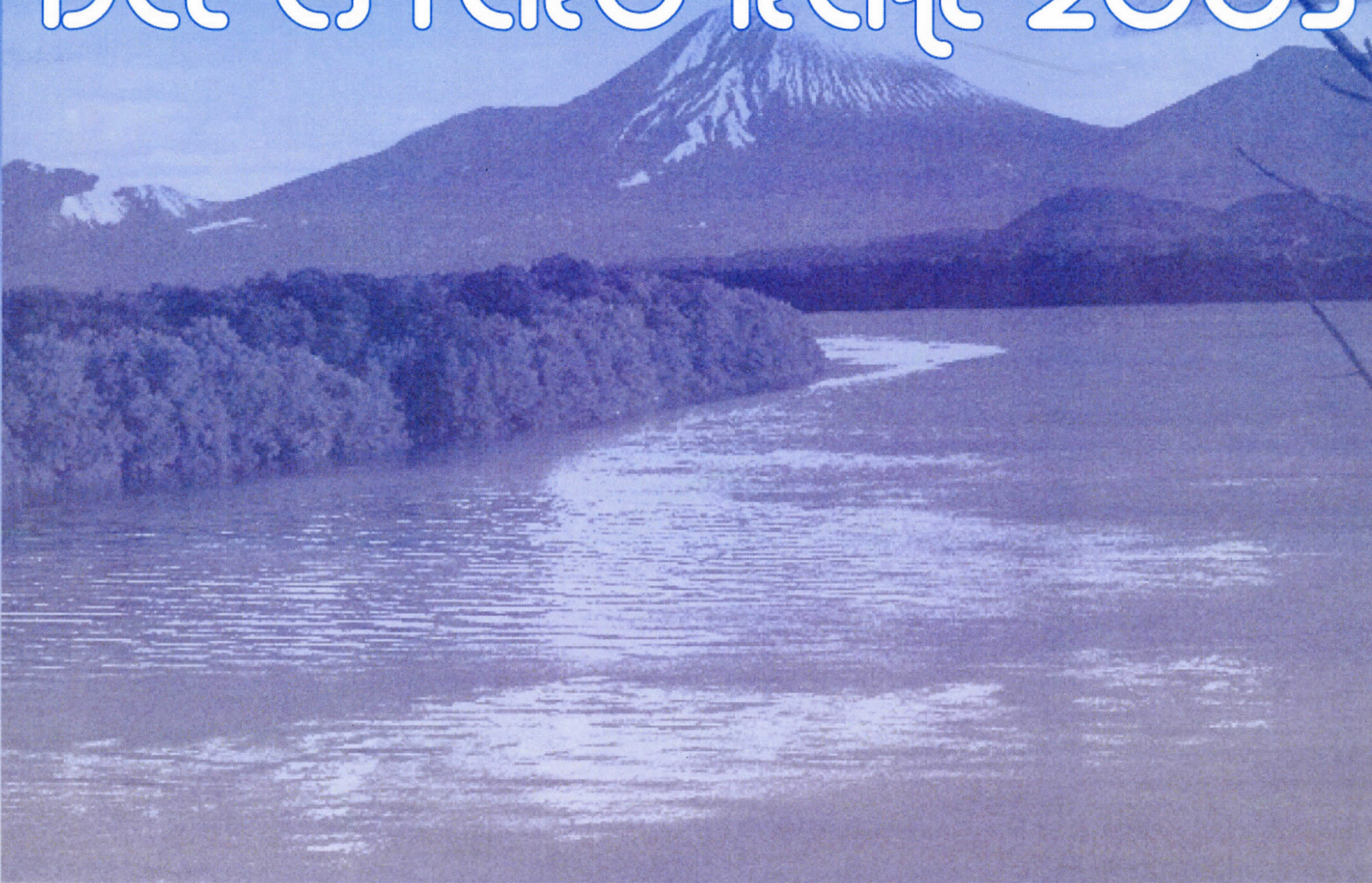




Nº 31

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

MONITOREO DEL ESTERO REAL 2003



organismo di
cooperazione e
documentazione
internazionale



UCA
Universidad
Centroamericana

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo financiero de
Gruppo Volontariato Civile de Italia

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la camaronicultura representa un potencial económico impresionante para las economías de los países en vías de desarrollo, tal es el caso de Nicaragua. Las granjas camaroneras a nivel mundial producen más del 30% del consumo total de aproximadamente 700,000 toneladas métricas anuales. La naciente camaronicultura nicaragüense produjo US\$ 30 millones en 1998, antes del huracán Mitch. Las exportaciones de camarón, junto con las de cola de langosta, han aumentado las exportaciones de productos pesqueros nicaragüenses hasta US\$ 100 millones anuales, haciendo de este rubro el segundo generador de divisas después del café.

Según un estudio de la Financiera Nicaragüense de Inversiones (FNI), la industria de la camaronicultura en el país proporciona casi 20,000 empleos directos o indirectos. Nicaragua ha sido una nación con tradición agrícola y ganadera, así como algunas otras actividades de menor repunte para la economía como la actividad pesquera y la camaronicultura. Con el paso del tiempo y ante la necesidad de encontrar nuevas alternativas de desarrollo y progreso a la nación se realizaron estudios para determinar el potencial de la acuicultura con el apoyo de la FAO en el año de 1988.

Actualmente la mayor parte de la actividad se practica de forma semi-intensiva, siendo el Estero Real el afluente y efluente. Para tal efecto, el CIDEA se ha dedicado a investigar y conocer la calidad del agua del Estero Real, conocer la capacidad de carga que puede soportar este estuario, proveer medidas de mitigación y valorar su funcionamiento para poder ampliar o disminuir su extensión productiva.

Por tal razón, se estableció un programa de monitoreo de calidad de agua que dio inicio en el año de 1994 para conocer sus condiciones fisicoquímicas con el fin de saber cuándo las granjas empiezan a incidir negativamente en el medio acuático del Estero donde se ubica el 98% de la industria del camarón de cultivo en Nicaragua.

Por lo tanto la investigación se ha orientado a fortalecer el conocimiento de las condiciones ambientales actuales del Estero Real, por ser este el principal proveedor de agua para el funcionamiento de las granjas camaroneras. Para el desarrollo del presente estudio se estableció para el año 2003, el monitoreo de la calidad del agua en catorce estaciones de muestreo: El Chorro, Dos Aguas Grandes, Camilo Ortega, Dos Agüitas, Puerto Morazán, Palomino, Frixa, Palo Blanco, Cooprocám, Llano Verde, La Polvosa, Puente Real, y los esteros tributarios Torrecillas y Los Perejiles.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Conocer la calidad de agua del Estero Real mediante monitoreos quincenales y fortalecer la base de datos de las variables fisicoquímicas.

2.2 Objetivos Específicos

1. Fortalecer la actual base de datos de variables del Estero Real que puedan utilizarse en la toma de decisiones relacionadas al desarrollo y manejo de la actividad camaronera.
2. Analizar e interpretar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones sujetas a estudio.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización de las estaciones de muestreo en el Estero Real

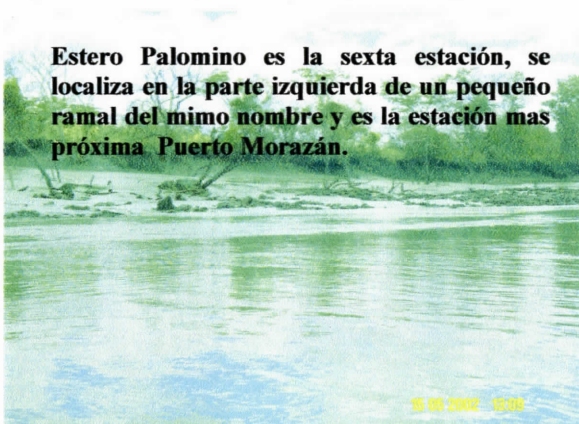
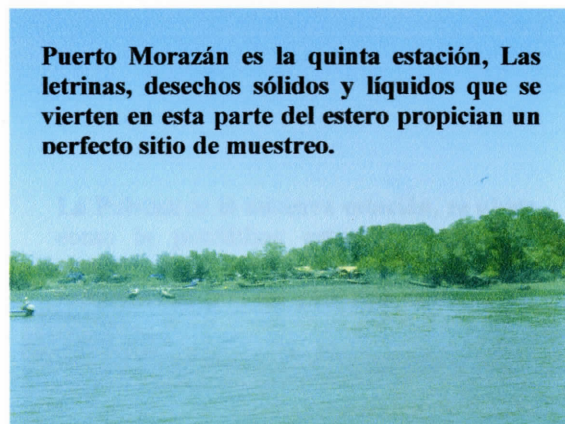
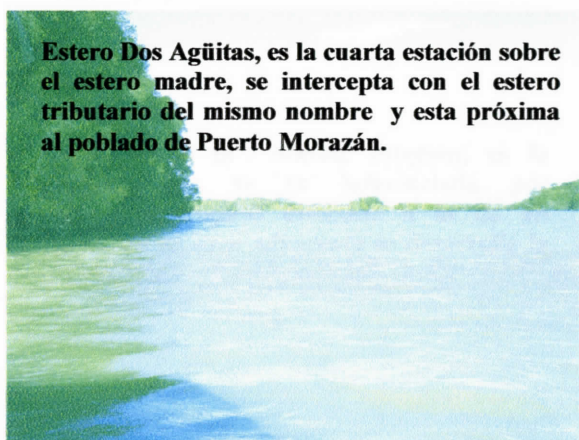
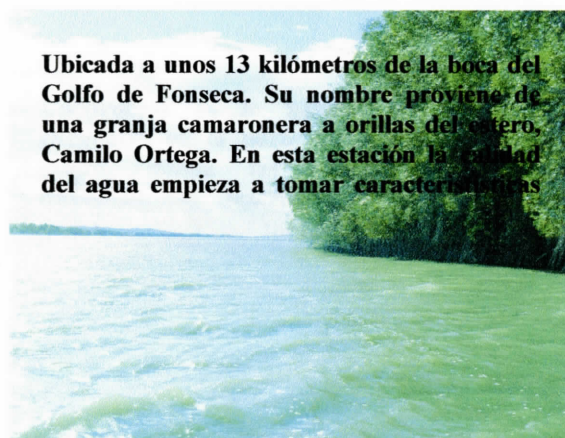
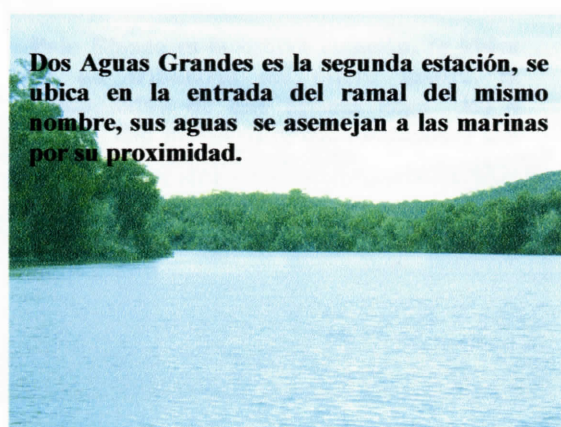
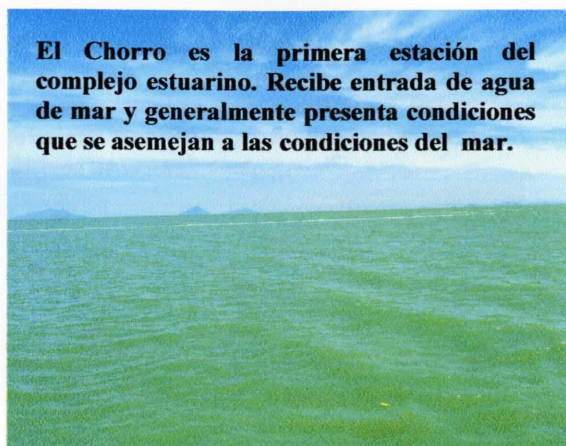


Se monitorearon catorce estaciones, se procuró que las muestras de agua fueran tomadas en marea, en la tabla 1, se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo.

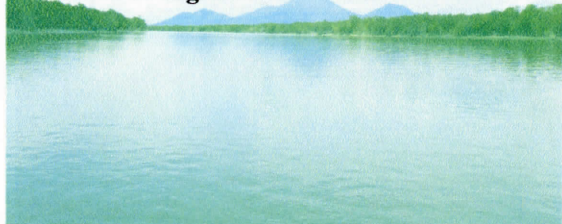
Tabla 1: Ubicación de las estaciones de muestreo

Nombre de estación	Coordenada geográfica
1. El Chorro	N 12°55.555' W 87°21.835'
2. Dos Aguas Grandes	N 12°55.505' W 87°17.690'
3. Camilo Ortega	N 12°53.202' W 87°15.801
4. Estero Dos Agüitas	N 12°54.367 W 87°13.224
5. Puerto Morazán	N 12°51.299 W 87°10.251
6. Estero Palomino	N 12°49.848 W 87°06.879
7. Frixa	N12°51.098 W 87°06.712
8. Estero Palo Blanco	N 12°51.450 W 87°03.226
9. Cooprocám	N 12°50.737 W 87°03.403
10. Llano Verde	N 12°49.744 W 86°59.833
11. La Polvosa	N 12°50.406 W 86°58.810
12. Puente Real	N 12°48.009 W 86°54.459
13. Torrecillas	N 12°57.680 W 87°14.981
14. Los Perejiles	N 12°56.496 W 87°08.829

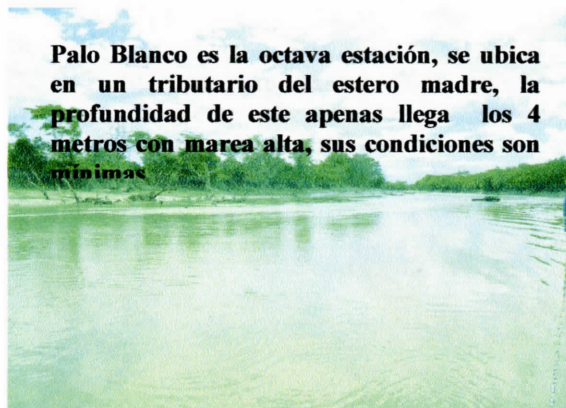
Figura 1: Descripción de las estaciones de muestreo en el Estero Real.



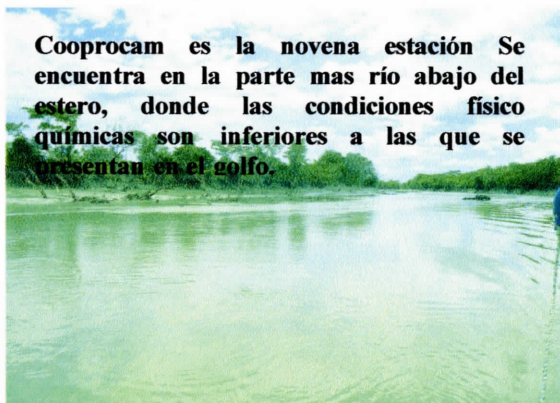
Frixsa es la séptima estación, se localiza frente a la bomba de una granja que lleva el mismo nombre, sus condiciones físicas químicas mantienen el límite medio para cultivos de organismos.



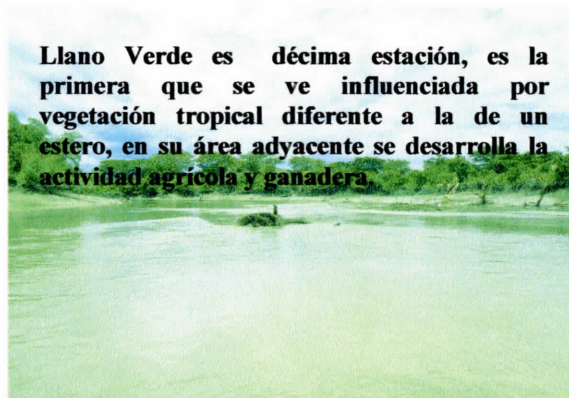
Palo Blanco es la octava estación, se ubica en un tributario del estero madre, la profundidad de este apenas llega los 4 metros con marea alta, sus condiciones son mínimas



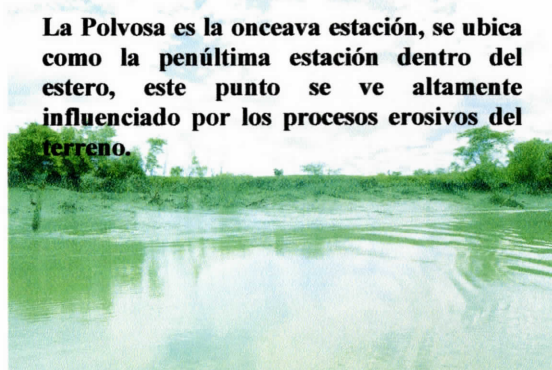
Cooprocám es la novena estación Se encuentra en la parte mas río abajo del estero, donde las condiciones físico químicas son inferiores a las que se presentan en el golfo.



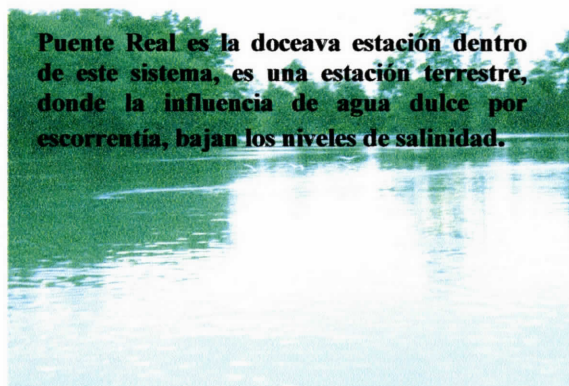
Llano Verde es décima estación, es la primera que se ve influenciada por vegetación tropical diferente a la de un estero, en su área adyacente se desarrolla la actividad agrícola y ganadera.



La Polvosa es la onceava estación, se ubica como la penúltima estación dentro del estero, este punto se ve altamente influenciado por los procesos erosivos del terreno.



Puente Real es la doceava estación dentro de este sistema, es una estación terrestre, donde la influencia de agua dulce por escorrentía, bajan los niveles de salinidad.

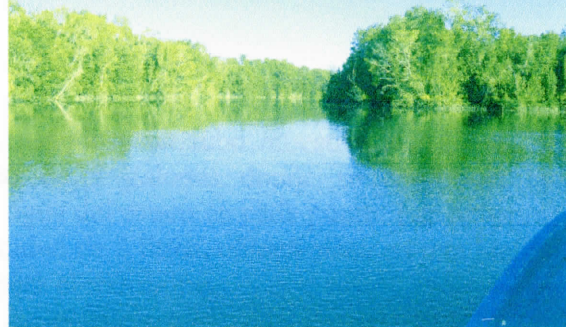


3.3 Presencia de peces

Torrecilla es una de las dos estaciones que se ubican en uno de los principales tributarios del estero, presentan una calidad de agua deseable.



Perejiles, su importancia como estación radica que esta cerca de las granjas camaroneras al lado de Honduras.



3.4 Monitoreo de parámetros

El monitoreo físico y químico de parámetros se realizó para los siguientes 10 puntos de muestreo en la zona de estudio. Los resultados se muestran en los anexos del informe, en los que se puede observar la calidad del agua en cada uno de los puntos de muestreo, la temperatura, la conductividad, la turbidez, la oxigenación, la acidez, la salinidad, la dureza, la alcalinidad, la concentración de nitrógeno y fósforo.

3.4.1 Análisis de temperatura

3.4.1.1 Introducción

La temperatura es un factor físico que influye en la vida acuática. En el estero de Torrecilla, la temperatura promedio es de 28°C, lo que es adecuado para la vida acuática. La temperatura también influye en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas.

En el estero de Perejiles, la temperatura promedio es de 29°C, lo que es adecuado para la vida acuática. La temperatura también influye en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas.

La temperatura es un factor físico que influye en la vida acuática. En el estero de Torrecilla, la temperatura promedio es de 28°C, lo que es adecuado para la vida acuática. La temperatura también influye en la velocidad de las reacciones químicas y biológicas.

3.2 Frecuencia de muestreo

El muestreo se realizó de forma quincenal y consecutiva durante un año, comprendiendo los meses de enero a diciembre.

3.3 Procedimiento para la toma de Muestra

a) Toma de muestra

Las muestras fueron recolectadas en marea alta, usándose un tubo muestreador (1-2 m de largo) construido de PVC y un balde plástico de 5 galones donde se combinan las submuestras, el balde se enjuaga previamente con agua del estero en cada punto. Las muestras son recolectadas en frascos de polietileno de capacidad de 2 litros, colocándose en una hielera y tratándose de mantener una temperatura de 4°C para el transporte.

b) Medición de parámetros

Se tomaron datos a nivel de superficie, así como para las muestras de agua recolectadas en cada estación. En el campo se utilizó un oxigenómetro YSI 85, el cual mide la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad, la transparencia fue medida con el disco secchi.

3.4 Análisis de Muestras

a) Físico - químicos

La metodología que se utilizó es del manual de la universidad de Auburn en Alabama "Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture" por los Dr. Claude E Boyd y Tucker Craig S., de Alabama Agriculture Experimental Station, Auburn University (Junio 1992).

Se emplearon los métodos estándares de American Public Health Association. Los análisis que se realizaron en el laboratorio mensualmente fueron: Alcalinidad Total, dureza total, fósforo reactivo soluble, sólidos suspendidos totales, sulfato.

Los análisis que se realizaron cada quince días fueron: Nitrógeno total, nitrito, nitrato, amonio, fósforo total, silicato reactivo, clorofila a, DBO₅, sólidos sedimentables y pH.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Por sus características fisiográficas, hidrológicas, morfológicas, físico-químicas y batimétricas el Estero Real puede ser dividido en tres grandes zonas o subsistemas que comprenden compartimentos diferentes entre cada uno de ellos.

A- La primera zona puede ser denominada de litoral o aguas con fuerte influencia oceánica, presenta características similares a las del Golfo de Fonseca y por ende a las oceánicas, con profundidades de entre los 8.0 a 18.0 metros en su parte más profunda y en mareas altas, está comprendida desde la desembocadura del Golfo y tributarios cercanos, en ello pueden incluirse las estaciones El Chorro, Dos Aguas Grandes, Camilo Ortega, Dos Agüitas y los esteros tributarios, Torrecilla y Los Perejiles.

B La segunda zona es la intermedia o de baja influencia oceánica, está comprendida por una pequeña porción de estero que va desde la estación Puerto Morazán, Estero Palomino y Frixsa, con condiciones físico-químicas intermedias casi similares entre si, de mediana profundidad de los cuales oscilan rangos entre 4.0 a 8.0 metros.

C- Finalmente esta la gran zona interior, con baja influencia de aguas oceánicas pero alta en carga de agua dulce que recibe de los principales riachuelos y aguas por escorrentía, se inicia desde el estero Palo Blanco de donde la margen del río se vuelve más angosta y profundidades que oscilan entre los 1.5 metros a los 6.0 metros con fuerte influencia de las actividades agrícolas y ganaderas, comprende las estaciones Cooprocám, Llano Verde, La Polvosa y Puente Real.

1. Temperatura

La temperatura de aguas salobres es influenciada por tres fuentes principales: el calor original del interior de la tierra, calor de radiación radioactiva y el calor de la radiación solar (Popovich y Chacon, 1992). Esta variable juega un papel importante en los procesos físicos, químicos y biológicos que se desarrollan en dichos cuerpos de agua.

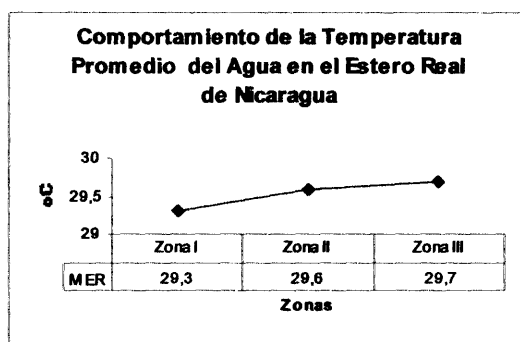
Para el año 2004, la temperatura en el Estero Real de Nicaragua no presentó variaciones mayores, dado que cada uno de los valores obtenidos estaban íntimamente relacionados a la estación del año en que se tomaron las muestras.

El valor mínimo manifestado durante todo el año se presentó en las tres primeras estaciones cercanas a aguas oceánicas: El Chorro, Dos

Aguas Grandes, Camilo Ortega, siendo el valor de 26.1 °C, valor que marca una tendencia que ha sido identificada en años anteriores en el Estero Real.

El valor máximo observado en este complejo estuarino fue de 33.1 °C ocurrido en el mes de Abril en la estación Puente Real, valor que está relacionado con la época de verano.

La tendencia observada fue de descendente a ascendente-descendente, dado que los primeros meses del año son precedidos por meses un poco húmedos, seguidos de meses más secos (Marzo-Abril) donde la temperatura tiende a subir y finalmente baja para los meses de fin de año, los que son influenciados por los vientos del norte del continente, que tienden a volver las aguas del Golfo de Fonseca mas frías.



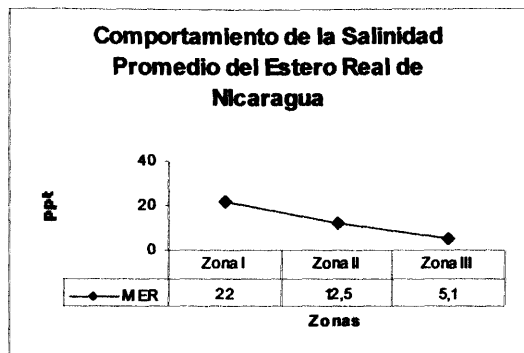
El gráfico muestra las tres zonas en que ha sido agrupado el Estero Real. La zona I, zona de fuerte influencia de aguas oceánicas se presentan las estaciones El Chorro, Dos Aguas Grandes, Camilo Ortega, Dos Agüitas, así como los esteros tributarios Torrecilla y Los Perejiles, presentaron una temperatura promedio de 29.3 °C, la zona II, zona media de baja influencia oceánica comprende las estaciones Puerto Morazán, Estero Palomino, Frixa, presentaron un valor promedio de 29.6 °C, en tanto la zona III, zona interna con poca profundidad y fuerte influencia de agua dulce obtenidas de escorrentías, presentó un valor promedio de 29.7 °C, para un valor promedio en todo el Estero Real de 29.6 °C, exactamente similar al patrón observado en el año 2002.

2. Salinidad

La salinidad es la cantidad proporcional de sales que contienen el agua de mar. Se expresa en gramos de sales por kilogramos de agua, es decir en partes por mil (ppt). La salinidad en el estero es bien cambiante, debido a la influencia de riachuelos que lo alimentan, sus rangos pueden andar desde los 0.1 ppt hasta los 45 ppt.

La salinidad durante el año 2003, presentó un comportamiento de ascendente a descendente-ascendente, influenciado directamente por las estaciones seca y lluviosa que se manifiestan de forma marcada en el país. Igual que en el año 2002, la variación más notoria de salinidad se manifestó durante el mes de Junio, donde las fuertes precipitaciones ocasionaron bajas en los rangos de salinidad.

Como era de esperarse, la parte mas litoral del estero o zona I, presentó los mayores valores de salinidad debido a la fuerte mezcla con aguas oceánicas, el valor promedio de salinidad fue de 22.0 ppt, la zona II, media o de poca influencia oceánica presentó un promedio de 12.5 ppt, en la zona III, parte interna del río, manifestó un valor promedio de 5.1 ppt, observándose un comportamiento descendente conforme el río se interna más aguas arriba.



El valor mínimo se manifestó en la zona interna de baja profundidad con 0.1 ppt, correspondiendo a la estación La Polvosa, este valor se registró en el mes de Octubre, influenciado por las fuertes precipitaciones. La salinidad más alta observada durante este año se presentó en

3. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es el parámetro ambiental de mayor importancia en cualquier ecosistema acuático, no es más que la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para el desarrollo saludable de cualquier ecosistema acuático. Los niveles de oxígeno disuelto son generalmente indicadores de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad del agua.

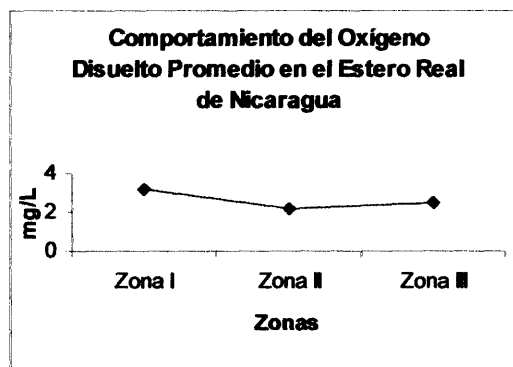
Las variaciones de oxígeno disuelto demuestran una vez más la fuerte influencia que sobre el río ejercen las mareas, sus características morfológicas y su batimetría. La zona I presentó mínimas variaciones estacionales significativas, con rangos de variaciones promedios a los 1.5 mg/l entre las estaciones de la zona I. El valor promedio observado fue

la estación Torrecilla, con 37.7 ppt durante el mes de Abril.

En comparación con el año 2002, los niveles máximos de salinidad disminuyeron, dado que para ese año se alcanzaron concentraciones de hasta 45.8 ppt, en comparación a los 37.7 ppt observado en la estación Torrecillas.

Por lo tanto se presentó nuevamente uniformidad de comportamiento en las estaciones, no así uniformidad de concentraciones de salinidad, notándose por lo tanto una variación estacional notable. El valor promedio de salinidad en el Estero Real para el año 2003 fue de 13.7 ppt.

de 3.23 mg/l, en la zona II el valor promedio fue de 2.19 mg/l, disminuyendo en comparación con la zona I, en la zona III, más interna del río, en donde las profundidades oscilan entre los 1.5 y los 4.0 metros, el oxígeno disuelto alcanzó un promedio de 2.51 mg/l.



Las variaciones mínimas y máximas en el estero dejan demostrada un comportamiento marcado entre las zonas, dado que el valor mínimo observado se presentó en la estación Llano Verde con 0.06 mg/l en el mes de Febrero, en tanto

el valor más alto se registró en la estación Dos Aguas Grandes con 7.00 mg/l en el mes de Julio, estos comportamientos son en un 90 % similares a los observados en el año 2002, hasta el momento no existe ningún tipo de disminución en los niveles de oxígenos, puesto que el estero

4. pH

El pH se define como la medida de acidez o basicidad del agua, generalmente su escala puede variar entre los 1-14, pasando por 7.0 que es el punto neutro. Casi siempre los cambios que presenta el pH están principalmente influenciados por el dióxido de carbono y los iones que se encuentran en equilibrio con el mismo.

En los ecosistemas dulceacuícolas las oscilaciones que presenta el pH están directamente relacionados con la actividad fotosintética del fitoplancton, y su importancia va a estar sustentada en que la acidez y la basicidad desempeñan un papel fundamental en el comportamiento de ciertos sistemas químicos, biológicos y geológicos.

Durante el año 2003, el pH no mostró variaciones significativas entre estrato y poca entre estaciones, las diferencias más marcadas se pueden comparar entre las observadas en la primera estación El Chorro y la última Puente Real. Los rangos de pH oscilaron entre 7-8, presentando niveles óptimos para el desarrollo de la vida acuática en el estero.

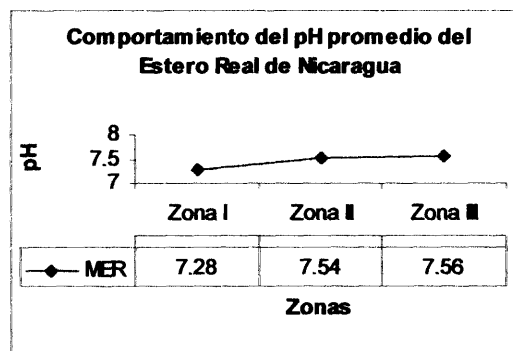
El comportamiento del pH en el estero va de neutro a básico, dado que el valor observado más alto fue de 8.6, registrado en el estero aguas arriba, en las estaciones Palo Blanco y Puente Real, esto es debido a que las aguas del estero se mezclan con aguas dulces que son arrastradas por

generalmente muestra valores muy por debajo de lo normal.

El valor promedio anual fue de 2.64 mg/l, comportándose de manera casi similar al mostrado en el año anterior (2002).

escorrentías a través del subsuelo, provocando de esta manera que las aguas se vuelvan más alcalinas.

La estación de Puente Real es la que presentó los valores más altos de pH. Es importante señalar que esta estación es la que presenta los valores de pH más altos en todo el Estero Real.



La gráfica muestra las variaciones de pH en el estero, donde las variaciones fueron mínimas, destacando que existe cierto grado de uniformidad entre estaciones y épocas del año. La zona I presentó un pH promedio de 7.28, en cambio la zona II presentó un valor promedio de 7.54 y la zona III, presentó un valor promedio de 7.56, marcando una tendencia ascendente.

El valor promedio de pH para el Estero Real de Nicaragua para el año 2003 fue de 7.8

5. Transparencia

La transparencia o visibilidad del Disco Secchi en los ecosistemas estuarinos es la medida de la profundidad hasta la cual se puede ver un objeto a través del agua. La profundidad a la cual el disco Secchi apenas deja de ser visible es la visibilidad del disco Secchi.

El Estero Real presenta condiciones de transparencia bien heterogéneas a lo largo de todo su curso, mostrando cambios bien marcados entre cada zona. La tendencia se marca siempre de forma descendente, pues dadas sus condiciones de esteros esta disminuye río arriba.

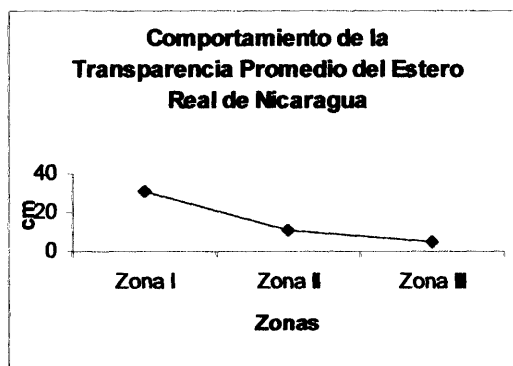
El valor máximo observado se presentó en las estaciones localizadas en la zona I, que esta marcada por la estación El Chorro con 75 cm durante el mes de Septiembre, así como en la estación Torrecilla con 75 cm durante el mes de Julio, época en las que se presentaron fuertes precipitaciones en la zona del Golfo de Fonseca. En cambio, el valor mínimo observado se manifestó en las estaciones de la zona III, Llano Verde y La Polvosa con 0.0 cm. de transparencia durante el mes de Agosto, meses en los que se presentaron fuertes precipitaciones, originando que el agua se mezcle y a su vez se da el arrastre de sedimento producto de la erosión hídrica.

Las estaciones que corresponden a la zona III, presentan profundidades que no sobrepasan los 4.00 mts como promedio, lo que genera una mayor turbulencia en sus aguas, evitando que las aguas sean más transparentes.

La tendencia de la transparencia este año fue marcada por una fuerte disminución en sus valores en la mayoría de las estaciones, sobre todo en las dos últimas zonas a partir del mes de Junio.

El valor promedio observado en la zona del estero fue de 31 cm, siendo una visibilidad que aunque no alcanza el valor permisible, se aproxima a dicho valor (35 cm), en esta zona se presentan las mejores condiciones de transparencia en todo el estero, a pesar de que sobre éste se ubica el 80 % de la actividad camaronera.

La zona II, presentó un valor promedio de 11 cm, valor muy por debajo de lo permisible para aguas salobres, esto es debido a que se en esta zona se localiza la población de Puerto Morazán, la que actualmente no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, la zona III, presentó un valor promedio de 5.0 cm, siendo ésta zona la que presenta la menor transparencia, esto es debido a la alta sedimentación. El valor promedio de la transparencia en el Estero Real durante el año 2003 fue de 15 cm.



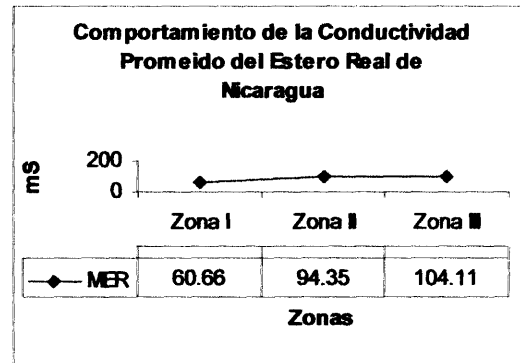
6. Conductividad

La conductividad eléctrica es un parámetro que se utiliza para medir la capacidad que tiene una solución de conducir la corriente eléctrica. En tanto cuanto mayor es la concentración de iones que se juntan en aguas salobres, mayor es la conductividad, relación que es también proporcional con la salinidad y los sólidos disueltos totales.

Durante el año 2003, la conductividad observada en el estero se mostró de manera proporcional a la salinidad, marcando un comportamiento casi homogéneo en los primeros cuatro meses, ascendiendo en el mes de Junio, volviendo a su estado normal en los siguientes meses del año. La mayor variabilidad a lo largo del año lo mostró la zona II, mientras que las zonas I y III, presentan la misma variabilidad, esto es producto de las constantes disoluciones de las diferentes sales que se disuelven por diversos factores climáticos en esta zona y además, por ser una zona intermedia en la cual se da el mayor intercambio iónico, así como por la poca capacidad de transportar el agua, siendo un comportamiento diferente a las estaciones de las zonas I y III.

El valor máximo se presentó en la estación Puente Real con 78,60 mS durante el mes de Julio, esto a pesar de que la salinidad es baja. El valor mínimo

se observó en la estación Los Perejiles con 0.32 mS durante el mes de Septiembre. Esta estación es la generalmente presenta los valores más bajos de conductividad en todo el estero.



La gráfica muestra el valor promedio de la conductividad en las tres zonas, en la zona I, el promedio fue de 36.93 mS, en la zona II el promedio fue de 22.89 mS, presentando un valor inferior al de la zona I.

En la zona III, el promedio fue de 11.09 mS, un poco menos de un tercio del observado en la zona I.

Los resultados indican que las estaciones de muestreo aguas arriba presentan menor conductividad específica. El valor promedio anual de la conductividad en el Estero Real fue de 24.68 mS.

El valor límite para agua salobre es entre 100 mg/l y 140 mg/l.

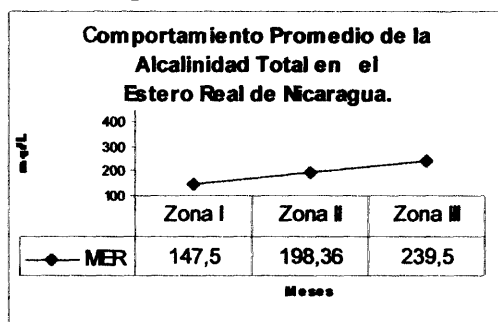
El valor promedio para la primera zona fue de 147.5 mg/L, valor deseable para aguas estuarinas, en cambio la segunda zona marco una alcalinidad promedio de 198.36 mg/L, finalmente la tercera zona

7. Alcalinidad Total

Esta es una indicación de los compuestos alcalinos o "básicos" que están presentes en el agua. Regularmente se presentan en forma de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de calcio, potasio, sodio y magnesio."

de poca influencia oceánica o zona mas interna del río presento un valor promedio de 239.50 mg/l, observando un valor ascendente conforme las estaciones se internan más en el río.

Los valores de alcalinidad total registrados durante el año en el Estero Real fueron casi homogéneas entre estaciones no así a lo largo del estero ni entre épocas del año. La zona I mostró un comportamiento con mínimas variaciones, a partir de la estación Puerto Morazán que es donde inicia la zona II,



las variaciones son significativas, siendo ascendente hasta la estación de la Polvosa, las aguas mas río arriba son las más alcalinas de todo el estero. Las concentraciones más altas se observaron en la estación Llano Verde con un valor de 470.6 mg/l durante el mes de Marzo, siendo por segundo año consecutivo que esta estación presenta los valores máximos de alcalinidad total en sus aguas.

El promedio anual de la alcalinidad total en el Estero Real fue de 193.78 mg/l.

8. Fósforo Total

El fósforo total es una variable considerada un nutriente limitante cuando sus valores sobrepasan los valores permisibles para aguas salobres. Las concentración del fósforo en los estuarios está regida por tantos mecanismos que lo hacen complejo. El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua por escorrentía y por las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas.

El fósforo total presentó pocas variaciones en las primeras estaciones de

muestreo y una fuerte variación en la zona interna del río. Las variaciones fueron evidentes entre los meses de Julio a Diciembre en todo el estero, marcando un comportamiento descendente-ascendente.

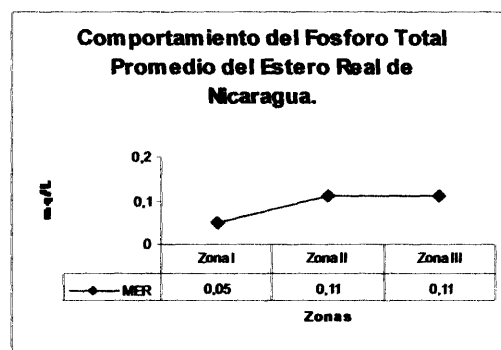
Al igual que en años anteriores, las mayores variaciones se presentaron a partir de la estación Llano Verde hasta Puente Real.

El valor máximo observado se presentó en la estación Palo Blanco con 0.9 mg/l ocurrido durante el mes de Septiembre, ésta estación está influenciada por actividades agrícolas que se desarrollan en su área adyacente, aparte de tener poca profundidad por lo que el intercambio de

fósforo es mucho más efectivo. Cabe destacar que estos valores fueron estacionales, pues los contenidos de fósforo en las aguas estuarinas pueden durar pocos días o horas, ya que después se precipitan en el fondo en forma de compuestos orgánicos de fosfatos en el calcio o hierro. Valores mínimos fueron observados en la mayoría de las estaciones en los primeros cuatro meses del año, situación que cambió con la llegada de las primeras lluvias a la zona.

El valor promedio de fósforo total en la zona I mostró concentraciones de 0.05 mg/l, en cambio la zona II presentó un promedio de 0.11 mg/l, observándose un

aumento gradual en sus concentraciones, en la zona III, el valor promedio fue de 0.11 mg/l, mostrando un valor similar las dos últimas zonas. El valor promedio anual en el estero fue de 0.09 mg/l.



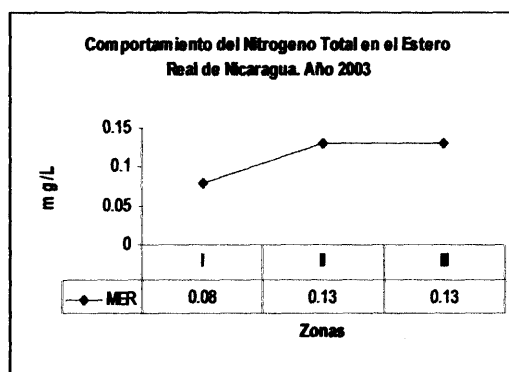
9. Nitrógeno Total

El nitrógeno total no presentó variaciones significativas entre estaciones ni épocas del año. Se observaron ligeras variaciones a partir de la zona II, específicamente en la estación de Puerto Morazán.

Valores mínimos fueron observados en las estaciones más cercanas al Golfo de Fonseca, siendo la estación El Chorro la que presentó los valores más bajos en todo el estero (0.00 mg/l), seguido por la estación Dos Agua Grandes y Camilo Ortega.

Los valores más altos presentaron un patrón de comportamiento similar al año 2003, estos valores se presentaron en las zonas II y III, siendo la estación La Polvosa la que presentó valores de hasta 0.88 mg/l durante el mes de Marzo.

El promedio de nitrógeno total en la zona I fue de 0.080 mg/l, en la zona II fue de 0.13 mg/l y en la zona III fue de 0.14 mg/l. el promedio anual en el estero fue de 0.11 mg/l.



10. Nitritos

La presencia de nitritos en el agua es un indicativo de contaminación de carácter

fecal reciente (Catalán L. et.al., 1971). Los nitritos se hallan en un estado de oxidación entre el amoníaco y el nitrato.

En general, la concentración de nitritos en aguas superficiales es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación industrial y de descargas domésticas (Prat, et al., 1999).

Se observó un comportamiento ascendente en el mes de enero, descendiendo en los siguientes meses y relativamente constante en los subsiguientes meses del año, no existiendo una variación significativa.

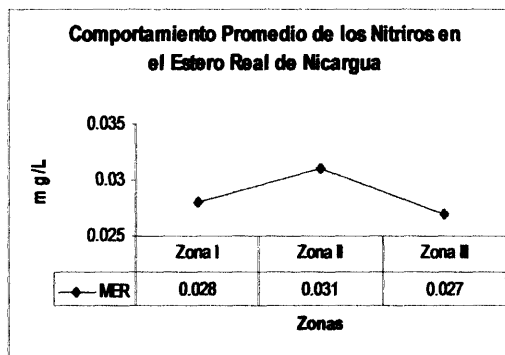
Concentraciones menores fueron observadas en las tres zonas, siendo diferente en comparación con años anteriores que frecuentemente presentaba menores valores en las estaciones que corresponden a la zona I, aunque los valores más bajos fueron observados en períodos en que la descarga de los efluentes de las granjas camaroneras era casi nula y en períodos de manifestaciones de algún tipo de precipitación, lo que permitía el lavado, mezclado y dilución de las aguas.

Las mayores concentraciones fueron observadas en las estaciones de la zona II, Puerto Morazán y Estero Palomino que es

11. Nitratos

Los nitratos pueden provenir de fertilizantes, aguas negras y desechos industriales. Pueden causar la eutrofización. La eutrofización ocurre cuando los nutrientes (tales como los nitratos y los fosfatos) se presentan en grandes cantidades en un cuerpo de agua. Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas y pastos, aguas negras, detergentes, desechos de los animales y sistemas

donde se ubican los poblados que convergen esta área, altas concentraciones de nitritos indican alta actividad bacteriológica proveniente de las áreas pobladas.



El valor promedio en la zona I fue de 0.03 mg/l, en la zona II fue de 0.031 mg/l y en la zona III fue de 0.03 mg/l. La poca variación del nitrito se ve directamente influenciada por actividades antropogénicas y no directamente por la actividad camaronera.

La concentración promedio anual de nitritos en el Estero Real fue de 0.02 mg/l.

sépticos con fugas. Los niveles altos de nutrientes en un cuerpo de agua pueden hacer que la vida vegetal y las algas florezcan.

El nitrato presentó un comportamiento similar al comportamiento observado con los nitritos, se dieron variaciones mínimas en las estaciones localizadas aguas arriba y fue bastante estable en el año.

El valor mínimo se presentó en las estaciones Llano Verde y la Polvosa con 0.01 mg/l. La tendencia fue bien heterogénea, pues en su mayoría las estaciones presentaban valores tanto mínimos como máximos, dejando

12. Amonio

El amonio, al producirse en el primer paso de la mineralización, constituye probablemente el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal en las aguas. Este ión tiene escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede significar contenido aumentado de bacterias fecales, patógenos etc., en el agua. La formación del amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa inorgánica del proceso.

El comportamiento del amonio fue de descendente a ascendente-descendente para todas las zonas y épocas del año, similar al comportamiento observado en el año 2002, mostrando mayores concentraciones en la zona II. Concentraciones menores fueron observadas en las estaciones más cercanas al Golfo de Fonseca y concentraciones

13. Sulfatos

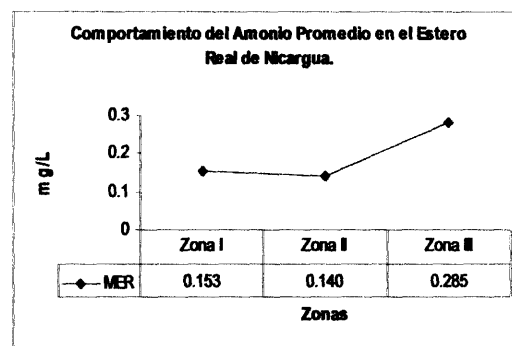
Los valores mínimos de sulfato se presentaron en las estaciones más alejadas al Golfo de Fonseca, siendo la estación Cooprocám la que presentó valores de 1.20 mg/l, siendo esta estación la que históricamente ha presentado los valores mínimos en todo el complejo estuarino.

El valor máximo se presentó en las estaciones cercanas al Golfo de Fonseca, siendo la estación Camilo Ortega la que

demostrado que la presencia de nitratos en el estero está en constante variación.

El valor promedio anual en el Estero fue de 0.11 mg/l.

mayores fueron detectadas en las estaciones más internas.



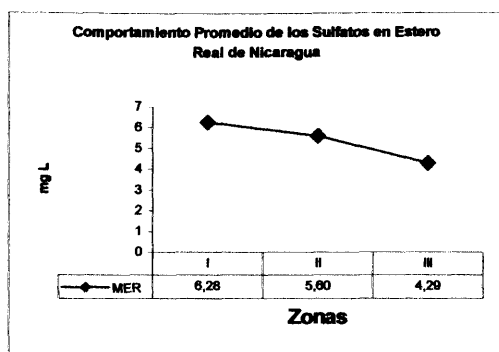
El valor promedio registrado en la zona I fue de 0.15 mg/l, en la zona II fue de 0.14 mg/l y en la zona III fue de 0.29 mg/l.

El valor promedio anual en el Estero Real fue de 0.16 mg/l.

registró valores de hasta 8.60 mg/l. Las variaciones entre estaciones fueron marcadas, se observó un comportamiento

de normal a descendente-ascendente, registrándose los valores más bajos en los meses Junio a Noviembre.

La zona I presentó un valor promedio de 6.28 mg/l, la zona II presentó un valor promedio de 5.60 mg/l y la zona III presentó un valor promedio de 4.29 mg/l.



El promedio anual de sulfato en el Estero fue de 5.39 mg/l.

14. Clorofila *a*

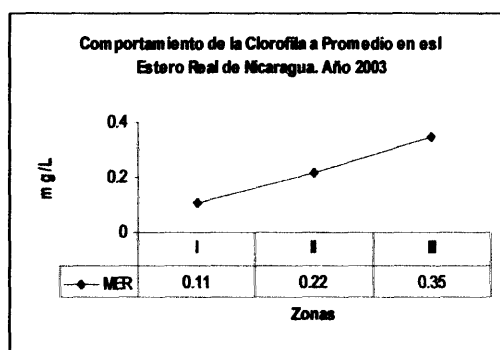
Las concentraciones de clorofila *a* en el agua aumentan a medida en que la abundancia del fitoplancton aumenta o crece.

La clorofila *a* presentó un comportamiento ascendente-descendente, siendo los meses de Enero a Abril los que marcaron mayores fluctuaciones durante todo el período, similar al observado en el año 2002.

Se observaron valores máximos en la estación en la estación Los Perejiles con 4.19 mg/l, valor registrado en el mes de Marzo. Los valores mínimos fueron observados en las estaciones que se encuentran en la zona I, los cuales prevalecieron durante todo el año.

El valor promedio en la zona I fue de 0.11 mg/l, el promedio en la zona II fue de

0.22 mg/l y en la zona III fue de 0.36 mg/l, observándose un incremento de la clorofila *a* en relación con el contacto del Estero con agua dulce.



El valor promedio anual de clorofila *a* en el Estero Real fue de 0.3 mg/l.

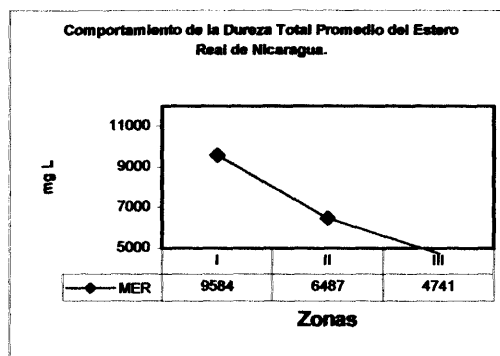
15. Dureza total

Las concentraciones más altas de dureza total se registraron en las estaciones cercanas al Golfo de Fonseca. El valor máximo fue registrado en la estación El Chorro con 18,972 mg/l, siendo este el valor más alto registrado a través de los años.

Las concentraciones más bajas se registraron en las estaciones en la que los arrastres por escorrentías de agua diluyen las sales. El valor más bajo se registró en la estación Puente Real con 510.0 mg/l.

El valor promedio registrado en la zona I fue de 9,584.0 mg/l, en la zona II fue de 6,487.0 mg/l y en la zona III fue de 4,741 mg/l.

El promedio anual de dureza total en el estero fue de 6,937 mg/l.

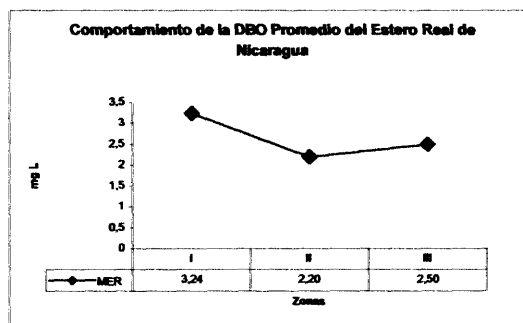


16. Demanda Biológica de Oxígeno

En el mes de Octubre se observó que fue el mes que presentó los valores más altos de DBO. El valor máximo fue de 7.26 mg/l, registrado en la estación La Polvosa durante en el mes de Junio, el valor mínimo observado fue de 0.14 mg/l, registrado en la estación Frixa en el mes de Noviembre.

La tendencia de la DBO₅ fue de normal a creciente-decreciente, alcanzando valores picos en los meses de Julio y Octubre, esta tendencia fue similar a la observada en el año 2002.

El valor promedio en la zona I fue de 3.24 mg/l, en la zona II fue de 2.20 mg/l y en la zona III fue de 2.50 mg/l.



El valor promedio anual de DBO₅ fue de 2.64 mg/l.

17. Fósforo reactivo soluble

El comportamiento del fósforo reactivo soluble fue bastante homogéneo, no se observaron cambios ni fluctuaciones durante el año. La estación Cooprocarn fue la estación que presentó los valores de fósforo reactivo más altos durante casi todo el año, teniendo un valor máximo registrado en el mes de Enero de 0.17 mg/l.

Las estaciones localizadas río arriba presentaron los mayores valores, aunque la tendencia observada casi uniforme a lo largo de las 14 estaciones de monitoreo. El valor mínimo observado en el estero se registró en las estaciones El Chorro y Dos Agüitas, siendo estas las que están más próximas a aguas oceánicas.

El promedio anual de fósforo reactivo soluble fue de 0.004 mg/l.

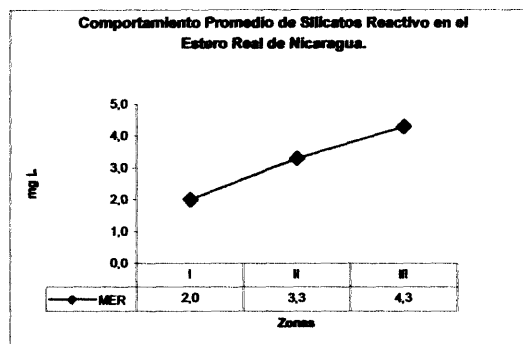
18. Silicato Reactivo

El silicato generalmente ha mostrado patrones de comportamiento muy heterogéneo. Se detectaron valores mínimos en todo el estero con valores de 0.10 mg/l en el mes de enero durante el mes de Enero. Los valores máximos se presentaron en las estaciones aguas arribas, siendo los valores de hasta 10.50 mg/l y correspondiendo a mes de noviembre.

El comportamiento observado fue de ascendente, a partir del mes de Agosto se observó un aumento en las concentraciones de silicato principalmente en las tres últimas estaciones de monitoreo del Estero Real.

En la zona I el promedio de silicatos fue de 2.0 mg/l, en la zona II el promedio fue

de 3.3 mg/l y en la zona III el promedio fue de 4.3 mg/l.



El valor promedio anual de silicato en el estero fue de 3.4 mg/l.

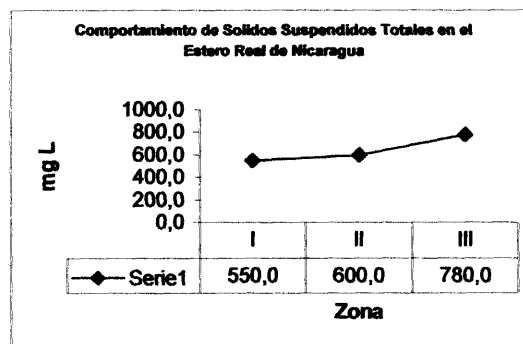
19. Sólidos Suspendedos Totales

Los sólidos suspendidos totales es una de las variables de mayor importancia, dado que por sus características el Estero Real presenta una alta carga de sedimentos suspendidos en sus aguas.

Se observó un comportamiento de ascendente a descendente-ascendente, siendo el mes de Mayo el que registró los valores más altos en todo el estero, las estaciones de la zona II y III fueron las que presentaron los mayores valores de sólidos debidos y que a su vez son los sitios menos profundos.

El valor máximo se registró en la estación La Polvosa con 6,300 mg/l, el promedio registrado en la zona I fue de que se manifestó en la primera zona fue de

550.0 mg/l, en la zona II fue de 600.0 mg/l y en la zona III fue de 780.0 mg/l.



El promedio anual de sólidos suspendidos totales en el Estero Real fue de 708.0 mg/l.

20. Sólidos sedimentables

sólidos sedimentables en el estero fue de 24.1 ml/l.

La mayoría de los valores de sedimento registrados en el estero fueron < 0.5 ml/l, los valores máximos fueron registrados en la zona III, correspondiendo a la estación Llano Verde con 105.0 ml/l en el mes de abril, no se detectó la presencia de sólidos sedimentables en las estaciones El Chorro y Dos Agüitas, incluyendo el ramal Torrecilla. El promedio anual de

V. CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DEL ESTERO REAL

<i>Parámetro</i>	<i>Valor Obtenido</i>	<i>Rango Optimo</i>
Temperatura	29.6 °C	28-30 °C
Salinidad	13.7 ppt	15-25 ppt
Oxígeno disuelto	2.64 mg/l	5.0-15.0 mg/l
pH	7.8	6.0-9.0
Alcalinidad total	193.78 mg/l	100-140 mg/l
Dureza total	6,937.0 mg/l	6600 mg/l
Amonio	0.16 mg/l	<0.1 mg/l
Nitrito	0.02 mg/l	<0.3 mg/l
Nitrógeno total	0.11 mg/l	0.5-2.0 mg/l
Fósforo total	0.09 mg/l	0.005-0.2 mg/l
Conductividad	24.68 mS	-
Sulfatos	5.39 mg/l	500-3000 mg/l
Silicato reactivo	3.4 mg/l	2.0-20 mg/l
Clorofila a	0.3 mg/l	-
Sólidos suspendidos totales	708.0 mg/l	50-150 mg/l
DBO ₅	2.64 mg/l	5-20 mg/l
Transparencia	15 cm	30-35 cm

VI. CONCLUSIONES

La calidad del agua en las estaciones cercanas al Golfo de Fonseca presentaron menos variabilidad ya que existe un mayor recambio de aguas entre la boca del estero y el Golfo de Fonseca.

El uso de zonas de estudios permitió determinar que las zonas que están expuestas a la mayor influencia de la actividad camaronera son las que presentan las mejores condiciones en su calidad de agua debido a la alta capacidad de recambio del agua provocado por la fuerte mezcla de aguas oceánicas.

La calidad del agua de las estaciones de muestreo localizadas en la zona I y II, continúan siendo afectadas por los cambios estacionales en las descargas de ríos y agua de escorrentías de la cuenca.

El valor promedio de oxígeno disuelto fue de 2.64 mg/l, siendo este muy bajo en comparación con valores óptimos para este tipo de ecosistema. Es notorio mencionar que las aguas del estero generalmente han presentado valores de oxígeno disuelto bajos.

El pH de todo el complejo estuarino continua siendo alcalino, igualmente se vio marcada la misma tendencia en las tres zonas sujetas al estudio.

Las fuentes de nutrientes en las estaciones más internas al Estero Real son proporcionadas por la descarga de ríos y agua de escorrentías.

Altas concentraciones de sedimentos fueron detectadas en las zonas más internas del estero, dada la erosión a la que se somete el área de amortiguamiento del ecosistema.

El balance dinámico global del Estero Real depende fuertemente de sus patrones de circulación. Estos se encargan de transportar nutrientes, impulsar el plancton, distribuir los desechos de los animales, plantas, limpiar el sistema de contaminantes, controlar la salinidad, transportar sedimento y mezclar el agua en toda la columna. Un determinado patrón de circulación para este estuario es el resultado de la influencia combinada de las descargas de agua dulce, de régimen de mareas, del viento y de ciertas fuerzas oceánicas externas. Por lo tanto para poder comprender los procesos que afectan la distribución y los ciclos de partículas contaminantes, nutrientes y organismos en el estuario es insuficiente enfocar aisladamente los aspectos biológicos y químicos de estos procesos. Igualmente importantes son los aspectos hidrodinámicos del sistema, incluyendo además los patrones de circulación, todas aquellas consideraciones relacionadas con la estratificación, mezcla y lavados de las aguas.

VII. BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition.

Catalán L. et.al. (1971). *Parasitic plants of the World*. 29 pages.

Claude E Boyd y Tucker Craig S. (June 1992). *Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture*. USA.

CIDEA-UCA (2001). *Monitoreo del Estero Real 2002*. Managua, Nicaragua. 158 páginas.

Curie, David. (1994). *Ordenamiento de la Camaronicultura. Estero Real, Nicaragua*. 110 páginas.

Prat, et al. (1999). *A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitats in rivers and streams: QBE index*. 17 pages.



2003

Este documento es una publicación del
Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA)
Universidad Centroamericana (UCA)

Apartado: 69. Managua, Nicaragua.

Teléfono: (505) 278-3930

Telefax: (505) 278-1492

Correo Electrónico: cidea@ns.uca.edu.ni

Sitio Web: <http://www.cidea.edu.ni> / www.uca.edu.ni